

(54) PATTERN FORMING DEVICE BY LASER

(11) 57-94482 (A) (43) 11.6.1982 (19) JP

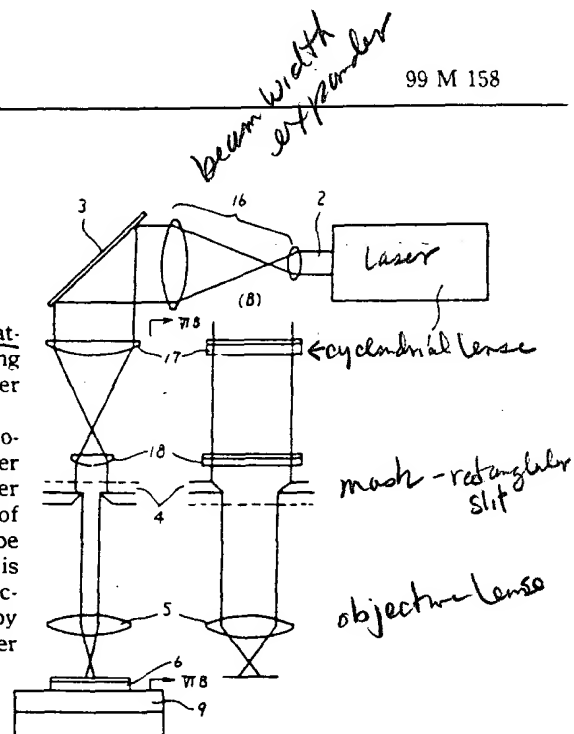
(21) Appl. No. 55-171000 (22) 5.12.1980

(71) HITACHI SEISAKUSHO K.K. (72) MIKIO HONGOU(3)

(51) Int. Cl.³ B23K26/06, B23K26/08, G02B27/10, H01L21/30

PURPOSE: To use oscillated laser light effectively and increase the speed of pattern formation by providing an optical system for forming laser light into a long circle between a laser oscillator and a rectangular aperture for forming the laser light into a rectangular shape.

CONSTITUTION: A system consisting of circular cylindrical lenses 17, 18 is provided between a laser oscillator 1 and a variable rectangular slit 4. The laser light 2 from the oscillator 1 is expanded of a beam width with a beam expander 16, and is next deformed to a beam of a long circle by a system consisting of circular cylindrical lenses 17, 18. Thence, it is formed to a rectangular shape within the range exceeding a working threshold by a variable slit 4, and is imaged onto the work 6 at 1/M the slit size (M is the magnification of an objective lens 5) as the projected image of the slit 4 by the objective lens 5, whereby it is worked. While the work 6 is scanned by driving an X-Y table 9, the laser light 2 is ON-OFF controlled, whereby a desired pattern is obtained.



219/121.75

19 日本国特許庁 (JP)

11 特許出願公開

12 公開特許公報 (A)

昭57-94482

51 Int. Cl.³

識別記号

庁内整理番号

13 公開 昭和57年(1982)6月11日

B 23 K 26 06

7356-4 E

26 08

7356-4 E

発明の数 1

G 02 B 27 10

7529-2 H

審査請求 未請求

H 01 L 21 30

7131-5 F

(全 6 頁)

54 レーザによるパターン形成装置

12 発明者 山口博司

21 特 願 昭55-171000

横浜市戸塚区吉田町292番地株
式会社日立製作所生産技術研究
所内

22 出 願 昭55(1980)12月5日

12 発明者 本郷幹雄

12 発明者 水越克郎

横浜市戸塚区吉田町292番地株
式会社日立製作所生産技術研究
所内

川崎市戸塚区吉田町292番地株
式会社日立製作所生産技術研究
所内

12 発明者 宮内建興

11 出 願 人 株式会社日立製作所

横浜市戸塚区吉田町292番地株
式会社日立製作所生産技術研究
所内

東京都千代田区丸の内1丁目5
番1号

13 代理人 弁理士 薄田利幸

明 細 書

1. 発明の名称 レーザによるパターン形成装置

2. 特許請求の範囲

(1) レーザ発振器より発振されたレーザ光を矩形開口により矩形に成形し、対物レンズにより前記矩形開口の投影像として該レーザ光を試料表面に結像させ、該レーザ光を ON, OFF させながら試料面上に相対的に走査させてパターンを形成するパターン形成装置において、前記レーザ発振器と前記矩形開口との間に、レーザ光を長円に成形する光学系を設けたことを特徴とするレーザによるパターン形成装置。

(2) 前記レーザ光を長円に成形する光学系は、凸レンズと凹レンズ、あるいは凸レンズと凸レンズからなるビームエキスパンダと、軸方向を一致させ、それぞれの焦点距離の異なる円柱レンズ2枚をそれぞれの焦点距離の和に等しい間隔で設置したものとを直列に組み合わせて構成されていることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載のレーザによるパターン形成装置。

(3) 前記レーザ光を長円に成形する光学系は、軸方向を一致させた焦点距離の異なる円柱レンズ2枚をそれぞれの焦点距離の和に等しい間隔で設置したものを、互いに軸方向が直角をなすように2組直列に組み合わせて構成されていることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載のレーザによるパターン形成装置。

(4) 前記レーザ光を長円に成形する光学系は、凸レンズと円柱レンズ、凹レンズと円柱レンズ、円柱レンズ2枚のいずれか、あるいはそれらを組み合わせて構成されていることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載のレーザによるパターン形成装置。

(5) 前記レーザ光を長円に成形する光学系と矩形開口を一体にあるいは独立して光軸のまわりに回転させる機構を設け、パターンを描く方向に合わせて常に長円に成形されたレーザ光の長径が一定方向を向くように制御することを特徴とする特許請求の範囲第1項記載のレーザによるパターン形成装置。

被加工物を初期に垂直な面内で回転させ、該被加工物上に円あるいはスパイラルよりなるパターンを形成する場合に、長円に成形されたレーザ光の長径方向と回転の接線方向と矩形開口の長辺方向とを一致させ、かつ長円の短径の延長線上あるいは矩形開口の長辺の垂直二等分線上に回転中心があるように設置し、レーザ照射位置の回転速度が一定となるように制御できる機能、または回転速度によりパルスレーザの繰り返しもしくはONレーザの出力を制御できる機能を備えていることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載のレーザによるパターン形成装置。

3. 発明の詳細な説明

本発明は、レーザによるパターン形成装置に関するものである。

従来、基板上の薄膜にパルスレーザでパターンを形成するために、第1図に示す装置が用いられている。

すなわち、レーザ発振器1から発振されたレーザ光2は、ダイクロイックミラー3により曲げら

れ、任意の大きさの矩形を形成しうる可変矩形スリット4により矩形のビームに形成され、対物レンズ5により集光される。

このとき、基板7上に薄膜8を有する被加工物6の対物レンズ5による実像位置と可変矩形スリット位置が一致するように配置される。これにより、レーザ光2は可変矩形スリット4の投影像として結像し、可変矩形スリット4の $1/M$ (M は対物レンズ5の倍率)の大きさの矩形が得られ、薄膜8は結像された通りに除去加工が行なわれる。

また、被加工物6を載置したX-Yテーブル9を移動操作し、被加工物6を移動しながらレーザをON、OFFにすることにより直線上のすぐれた任意のパターンを形成することができる。なお、X-Yテーブル9の駆動装置および制御装置は、図面では省略されている。

しかし、レーザ発振器1から発振されたレーザ光2は、一般的にはガウス型の分布をしており、第2図に示すように加工に使用される領域は、パワー密度が加工閾値より大きく、かつ分布が平坦

な部分に限定される。そのため、巾が極めて小さい直線あるいは部分的に直線で近似できる曲線(曲率が極めて小さいもの)のみからなるパターンを形成する場合、有効に利用できるレーザ出力は全体の一部13で、第3図で斜線で示すように、大部分14は無駄に捨てられている。したがって、1パルスで加工できる寸法が限定されるため、加工速度が遅いという欠点があった。

また、ここでは薄膜の除去加工によりパターンを形成する場合について説明したが、被加工物にフォトリソを塗布し、レーザ、その他の光源により露光を行なう場合についても同様である。

本発明の目的は、上記した従来技術の欠点をなくし、発振されたレーザ光の無駄を少なくして有効に使用し、かつパターン形成速度を大きくできるレーザによるパターン形成装置を提供することにある。

ところで、発振器から発振されたレーザ光を、加工あるいは露光(以下、加工(露光)と記す)するのに都合のよい形状、すなわち短辺と長辺の

比が極めて大きな矩形で加工(露光)する場合に、レーザ光を可変スリット面で長円となるようにすれば良い。もちろん、対物レンズで結像した場合に、パワー密度が加工(露光)の閾値を超えるように考慮することは当然である。そのためには、例えば凹レンズあるいはビームエキスパンダと円筒レンズを組み合わせることににより、一方にビーム径を拡大し、それと直角な方向にビーム径を縮小することにより、スリット面でレーザ光を長円に成形することができる。

以下、本発明を図面にしたがって説明する。

第4図に本発明の原理図を示す。

レーザ光2は、一般に円形であり、凸レンズ15a、15bとを有するビームエキスパンダ16によりビーム径を拡大する。

ここで広げられたレーザ光2が円柱レンズ17に入射すると、円柱軸方向はビーム径が変化することなく、円柱軸と直角方向には集光され、円柱レンズ18により再び平行なビームになる。すなわち、円柱レンズ17、18の距離 f_1, f_2

($f_{11} > f_{12}$)をそれぞれの焦点距離の和 $f_{11}+f_{12}$ に等しくおくことにより、円柱軸方向はビームエキスパンダ16により広げられたビーム径に等しく、かつそれと直角方向には f_{11}/f_{12} に縮小された長円のレーザビーム19が得られる。このようにして得られるレーザビーム19のパワー分布を第5図(A),(B),(C)に示す。

加工 値を超える領域も長円であり、一度に加工(露光)できる領域、つまり加工長さが大きくとれる。

第6図(A),(B)にその具体的実施例を示す。

この実施例において、レーザ発振器から発振されたレーザ光2は、ビームエキスパンダ16によりビーム径が広げられ、次に円柱レンズ17,18からなる系により長円のビームに変形される。

次に、可変矩形スリット4により加工(露光)値を超える領域内の矩形に成形し、対物レンズ5により可変矩形スリット4の投影像としてスリット寸法の $1/M$ (M は対物レンズの倍率)に、被加工物6上に結像され、加工(露光)される。

7

示した実施例と同様に、ビームエキスパンダ16と円柱レンズ17,18によりレーザ光2を長円に変形し、可変矩形スリット4により矩形に成形した後、対物レンズ5により回転テーブル22上に設置された被加工物6であるガラス円盤21上に金属薄膜20が形成されたものにレーザ光を集光、照射する。被加工物6に除去加工を行なうには、パルスレーザ光が望ましく、QスイッチYAG、QスイッチYAGの第2高調波、キャビティダンピングAr、パルスレーザ励起Dyeレーザ、エキシマレーザ、金属蒸気レーザなどが適している。また、被加工物上にフォトリソストを塗布し、レーザにより露光を行なう場合には、連続発振Arレーザ、連続発振YAGレーザの第3高調波などが適している。

上記被加工物6は回転テーブル22上に設置され、回転駆動部23により回転されながら、送りテーブル24により一定速度で送られる。このとき、送り量を検出しながら、レーザ照射位置が中心に近づくにつれて回転速度を上げるか、レーザ

そして、X-Yテーブル9を駆動し、被加工物6を走査させながらレーザ光2をON,OFF制御することにより、所望のパターンが得られる。

なお、この第6図(A),(B)には、凸レンズ15aと凸レンズ15bとにより構成したビームエキスパンダを示しているが、凹レンズと凸レンズとにより構成されるビームエキスパンダも全く同じ機能を有する。

また、図示していないが、円柱レンズ17,18および可変矩形スリット4を一体に光軸のまわりに回転できる機構および駆動装置を設け、X-Yテーブル9による被加工物6の移動方向と円柱レンズ17,18の軸方向および可変矩形スリット4の長辺方向が一致するように保つことにより、極めて細い一定巾の線からのみなるパターンを効率よく描くことができる。

次に、別な実施例としてガラス円盤上に形成された金属薄膜にレーザを照射して、巾数 μm のスパイラル状の除去加工を行なう装置について、第7図に示す。この第7図に示すものは、第6図に

8

パルスの繰り返しを減少させる必要がある。またこのとき、円盤状の被加工物6の接続方向と円柱レンズ17,18の軸方向と可変矩形スリット4の長辺方向が一致している必要がある。さらに、被加工物6は光軸に垂直な面内で回転され、スリット長辺の垂直二等分線上に回転中心があり、また送り方向もスリット長辺の垂直二等分線上にある。

いま、レーザ発振器1から発振されたビーム径が 1mm で、巾 $5\mu\text{m}$ のパターンを形成するため、ビームエキスパンダ16で5倍に広げ、円柱レンズ17,18で一方向のみ $1/25$ に縮小すると、長径 5mm 、短径 0.2mm のビームが得られる。このビームを可変矩形スリット4により成形し、対物レンズ5として20倍レンズを使用することにより、長辺 $200\mu\text{m}$ 、短辺 $5\mu\text{m}$ の加工(露光)が1パルスで行なえる。これにより、従来の方式の長辺 $40\mu\text{m}$ 、短辺 $5\mu\text{m}$ に比較して、約5倍の加工(露光)速度が得られる。

また、直径 200mm の円盤の外側半分にスパ

パイラルを加工した場合、一番内側は直径100mmであるが、長辺200mmの矩形を連続させて加工した場合に、誤差は、

$$\Delta = \frac{R}{\cos \left(\tan^{-1} \frac{l}{2R} \right)} - R$$

$$= R \left(\frac{1}{\cos \left(\tan^{-1} \frac{l}{2R} \right)} - 1 \right)$$

(R : スパイラルの半径 l : 矩形の長辺)

で表われ、R = 50mm, l = 0.2mm の場合、0.1mm程度であり、問題はない。

これまでの実施例では、長円のパターンを得るために、第4図に示したビームエキスパンダ16と円柱レンズ17, 18の組み合わせたものについて説明してきたが、第8図に示すように円柱レンズ25, 26, 27, 28の組み合わせ、すなわち2個1組で一方方向のみビーム径を広げ(あるいは縮め)、他の2個1組で直角方向のみビーム径を縮め(あるいは広げ)ることにより、任意の

長円に成形されたパターンを得ることができる。

また、対物レンズの有効径と集光されたレーザー光のパワー密度を考慮して、第9図、第10図、第11図に示すように、凹レンズ30と円柱レンズ31とを組み合わせたもの、凸レンズ32と円柱レンズ33とを組み合わせたもの、円柱レンズ34, 35を組み合わせたものを使用することによって、同様の効果を得ることができる。

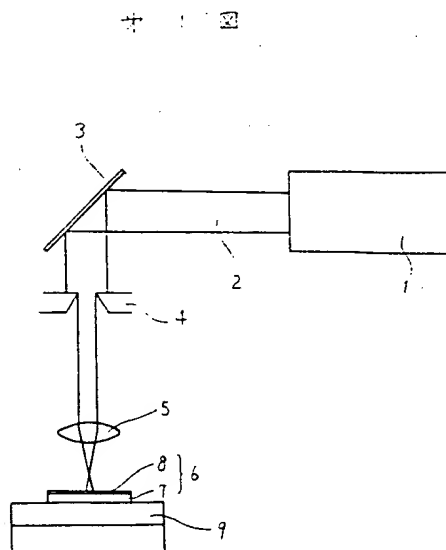
以上の説明から明らかなように、細い直線、あるいは直線で近似できる曲線のみからなるパターンを形成する場合に、本発明によれば発振されたレーザー光を有効に使うことができ、したがってパルスレーザーによる除去加工を行なう場合には、発振器出力を変えずにパルス当りの除去量(除去速度)を増大できるので、加工時間を短縮しうる効果を有する外、フォトリソの露光を行なう場合にも、発振器出力を変えずに露光時間を短縮しうる効果がある。

4. 図面の簡単な説明

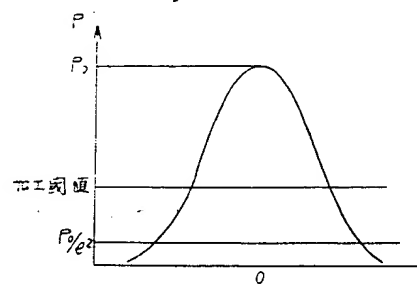
第1図は従来技術によるパターン形成装置の概

略図、第2図はレーザービームのパワー分布を示す図、第3図はビームの有効部分と無効部分の説明図、第4図は本発明の原理の説明図、第5図(A), (B), (C)は本発明による長円に成形されたビームのパワー分布を示す図であって、第5図(B)および(C)は第5図(A)の V_B-V_B および V_C-V_C 矢視図、第6図(A), (B)は本発明によるパターン形成装置の実施例を示す概略図であって、第6図(B)は第6図(A)の V_B-V_B 矢視図、第7図は本発明によるパターン形成装置の別の実施例を示す概略図、第8図、第9図、第10図および第11図はそれぞれ本発明の長円パターンを得るための別の実施例の説明図である。

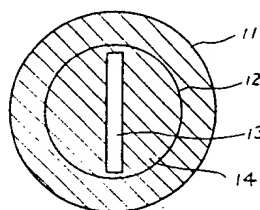
1…レーザー発振器、2…レーザー光、4…可変矩形スリット、5…対物レンズ、6…被加工物、9…X-Yテーブル、16…ビームエキスパンダ、17, 18…円柱レンズ、19…長円に成形されたビーム、22…回転テーブル、23…回転駆動部、24…送りテーブル。



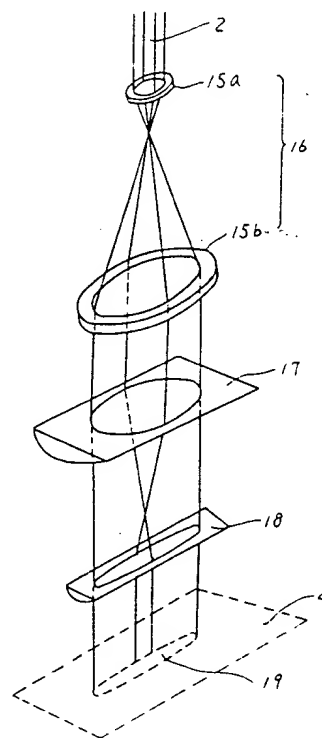
才 2 図



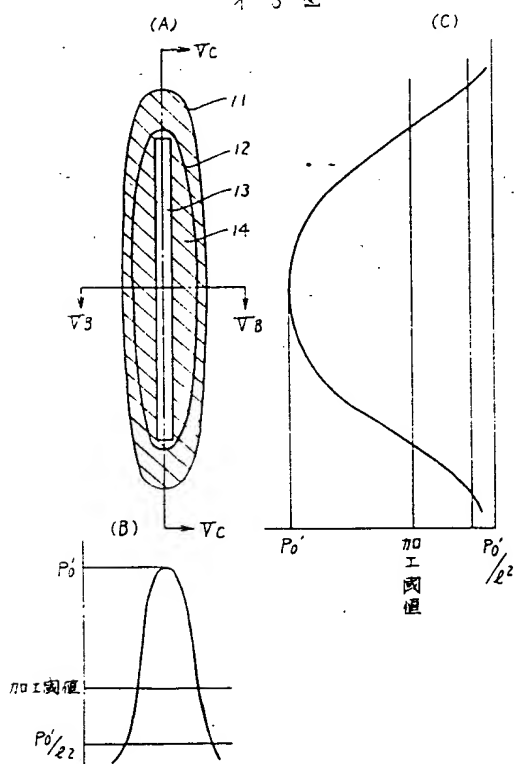
才 3 図



才 4 図



才 5 図



才 6 図
(A)

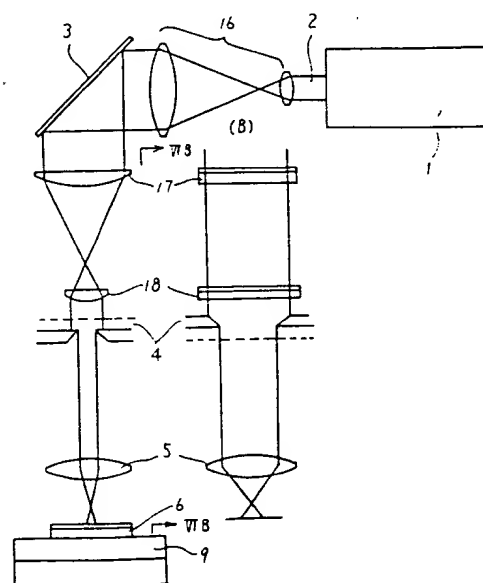


図 7

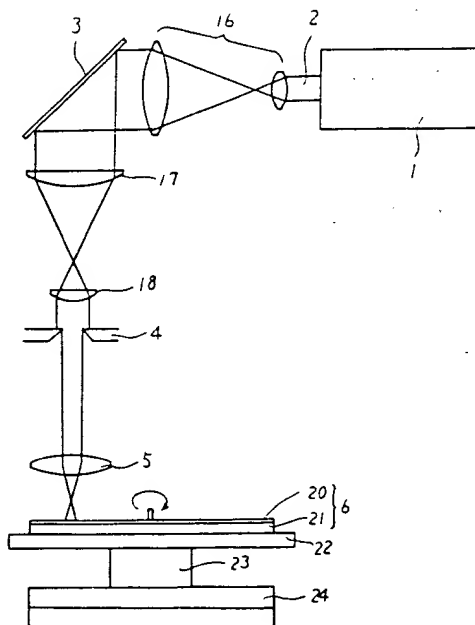


図 8

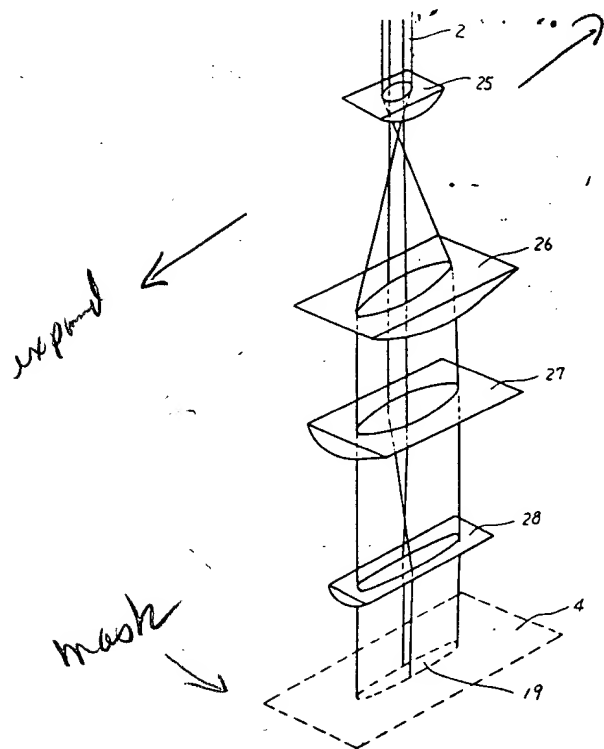


図 9

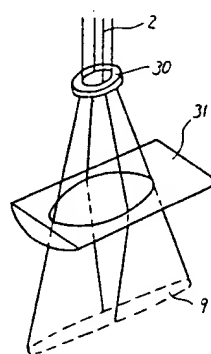


図 10

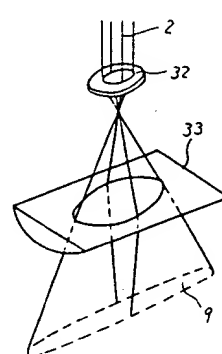
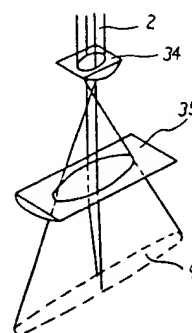


図 11



Cited by app
7/7/96

Japanese Patent Publication (Laid-Open) No. SHO-57-94482

Publication Date: June 11, 1982 *found

Application No. SHO-55-171000

Application Date: December 5, 1980

Title of the Invention: PATTERN-FORMING APPARATUS VIA LASER

Int. Cl.3 B23K 26/06, 26/08, G02B 27/10, H01L 21/30

Inventors: Mikio Hongo, Kenkou Miyauchi, Horoshi Yamaguchi,
and Katurou Mizukoshi, staff of Production Technology Research
Center, HITACHI, Ltd.

Applicant: HITACHI, Ltd.

Agent: Toshiyuki Usuda, Patent Attorney

SPECIFICATION

1. Title of the Invention:

PATTERN-FORMING APPARATUS VIA LASER

2. CLAIMS

(1) A pattern-forming apparatus executing formation of pattern via a step of initially forming laser beam oscillated from a laser oscillator into rectangle via a rectangular aperture, a step of forming image of said laser beam onto surface of a sample, and a final step of forming pattern by relatively scanning said laser beam on said sample surface while causing said later beam to be turned ON and OFF, said pattern-forming apparatus comprises an optical system for forming laser beam into an ellipse between said laser oscillator and said rectangular aperture.

Examined
Japanese Patent
Office
Found
Not previously considered

RECEIVED
TO 1/100 MAIL ROOM
JUL 13 1999

(2) The pattern-forming apparatus via laser set forth in Claim 1, wherein said optical system for forming said laser beam into an ellipse comprises a convex lens and a concave lens or a beam expander comprising a pair of convex lenses and a pair of cylindrical lenses each having identical axial direction and different focusing distance, said cylindrical lenses are disposed at an interval equal to the sum of respective focusing distance, and said beam expander is combined with said cylindrical lenses in series.

(3) The pattern-forming apparatus via laser set forth in Claim 1, wherein said optical system for forming said laser beam into an ellipse comprises two pairs of cylindrical lenses each having identical axial direction and different focusing distance, which are disposed at an interval equal to the sum of respective focusing distance in combination with each other in series so that axial directions can orthogonally intersect each other.

(4) The pattern-forming apparatus via laser set forth in Claim 1, wherein said optical system for forming said laser beam into an ellipse comprises a convex lens and a cylindrical lens, or a concave lens and a cylindrical lens, or a pair of cylindrical lenses, or in combination with said lenses.

(5) The pattern-forming apparatus via laser set forth in Claim 1, wherein said apparatus comprises a mechanism for causing said optical system for forming said laser beam into

an ellipse and said rectangular aperture to be rotated integrally or independently in the periphery of light axis, said mechanism executes control in order that long diameter of laser beam formed into an ellipse can constantly face a predetermined direction in conformity with the direction of drawing pattern.

(6) The pattern-forming apparatus via laser set forth in Claim 1, wherein further comprising such a function which, in such a case in which processed object is rotated within sphere being perpendicular to light axis in order to form pattern comprising circle or spiral on said sample, causes the long-diameter-direction of laser beam formed into an ellipse, tangential direction of rotation, and long-side of said rectangular aperture to be aligned with each other, said function further causes said sample to be disposed in order that the center of rotation can be present on the extended line of the short-diameter of said ellipse or on the perpendicular bisector of the long-side of said rectangular aperture to cause the speed of the rotation at the laser-irradiating position to be constant, or such a function capable of controlling the repeat of pulse laser or the output of cw-laser via the speed of the rotation.

3. DETAILED DESCRIPTION OF THE INVENTION

The present invention relates to a pattern-forming apparatus via laser.

Conventionally, in order to form pattern on thin film on a substrate via pulse laser, such an apparatus shown in FIG. 1 has been used.

Concretely, laser beam 2 oscillated from a laser oscillator 1 is bent by a dichroic mirror 3 and then formed into rectangular beam by a variable rectangular slit 4 capable of forming rectangle as per optional size, and then rectangular beam is condensed by an object lens 5.

In this case, it is so arranged that position of actual image of a processed object 6 having thin film 8 on a substrate 7 condensed by the object lens 5 and position of the variable rectangular slit 4 can coincide with each other. Because of this arrangement, laser beam 2 is formed into image as projective image of the variable rectangular slit 4 to generate such a rectangle having size being one-Mth (where M designates magnification of the object lens 5) the variable rectangular slit 4, and then, thin film 8 is removed as per the formed image.

It is also possible to form linearly distinctive optional pattern by turning laser ON and OFF while shifting the processed object 6 via shifting operation of an X-Y table 9 mounting the processed object 6. Note that drive unit and control unit of the X-Y table 9 have been deleted from the drawing.

However, generally, laser beam 2 oscillated from the laser oscillator 1 is of Gaussian distribution. The portion usable for processing shown in FIG. 2 has such a power density

being greater than the processing threshold value, and yet, distribution is limited to such a portion where distribution is leveled off. Because of this, in the case of forming such a pattern solely comprising such a curve (having an extremely small curvature) that can be approximated by such a straight line having extremely narrow width or that can partly be approximated by a straight line, effectively usable laser output merely corresponds to a local portion 13 among the whole, whereby the majority portion 14 shown via oblique lines in FIG. 3 has been wastefully discarded. As a result, inasmuch as the dimension to be subject to processing via single pulse has been limited, there has been such a defect caused by slow processing rate.

The above description has solely referred to the case of forming pattern via removal of thin film. However, the same applies to the case of initially coating the processed object with photo-resist followed by a process of condensing beam via laser and other light sources.

The object of the invention is to eliminate defect of the above-cited prior art by providing such a pattern-forming apparatus via laser means, which is capable of effectively utilizing oscillated laser beam by minimizing wasteful irradiation thereof, and yet, capable of promoting the speed of forming pattern.

It is suggested that, in such a case in which laser beam

oscillated from a laser oscillator is used for processing such an object having a form suited for being subject to processing or exposure (hereinafter referred to as processing (exposure), in other words, in the case of processing (exposing to beam) an object having such a rectangle with extremely large ratio between the short-side and the long-side, laser beam should be arranged in order to become an ellipse on the surface of a variable slit. In the case of forming image via an object lens, as a matter of course, consideration should be given in order that power density can exceed threshold value of processing (beam-exposure). To implement this arrangement, by way of combining a concave lens or a beam-expander and a cylindrical lens, and yet, by way of expanding beam diameter in one direction and also contracting beam diameter in the direction orthogonally intersecting the expanded beam diameter, it is possible to form laser beam into an ellipse on the slit surface.

Referring now to the accompanying drawings, the invention is described below. FIG. 4 designates the principle of the invention.

Generally, laser beam is of circular form. Beam diameter is expanded by a beam expander 16 comprising a pair of convex lenses 15a and 15b.

When expanded laser beams 2 are incident upon a cylindrical lens 17, beams 2 are condensed in the direction

orthogonally intersecting the cylindrical axis without causing beam diameter to vary in the direction of the cylindrical axis, and then beams 2 are again back to the parallel one via a cylindrical lens 18. In this case, by way of equalizing distances f_{17} and f_{18} ($f_{17} > f_{18}$) of the cylindrical lenses 17 and 18 to the sum $f_{17} + f_{18}$ of respective focusing distances, the cylindrical axial direction is equal to the beam diameter expanded by the beam expander 16, and yet, an elliptic laser beam 19 contracted into f_{18}/f_{17} is generated in the direction orthogonally intersecting the expanded beam diameter. Power distribution of the laser beam 19 generated via the above arrangement is shown in FIG. 5(A), 5(B), and 5(C).

Such a portion exceeding the processed value is also of elliptic form, whereby it is possible to gain such a portion capable of executing processing (beam exposure) per round, in other words, longer processing length can be secured.

FIG. 6(A) and 6(B) respectively designate concrete embodiments related to the above arrangement.

In this embodiment, beam diameter of laser beams 2 oscillated from the laser oscillator 1 is expanded by the beam expander 16, and then, the expanded beams 2 are deformed into an ellipse by a unit comprising the cylindrical lenses 17 and 18.

Next, the elliptic beam is formed into rectangle within such a portion exceeding processing (beam-exposure) threshold

value by a variable rectangular slit 4, and then, the rectangular beams are imaged on a processed object 6 by an object lens 5 as the projective image of the variable rectangular slit 4 at a ratio being one-Mth (where M designates magnification of the object lens 5) the size of said slit, and then, processing (beam-exposure) is executed.

Then, an X-Y table 9 is driven. By executing ON-OFF control of laser beams 2 while scanning the processed object 6, desired pattern can be generated.


Note that FIG. 6(A) and 6(B) respectively designate a beam expander unit comprising a pair of convex lenses 15a and 15b. It should be understood however that such a beam expander consisting of a pair of concave lenses also incorporates exactly identical function.

Although not being illustrated, by way of providing such a mechanism capable of integrally rotating the cylindrical lenses 17 and 18 and the variable rectangular slit 4 in the periphery of light axis and also providing a drive unit in order to preserve coincidence in the shifting direction of the processed object 6 via the X-Y table 9, axial direction of the cylindrical lenses 17 and 18, and the long-side direction of the variable rectangular slit 4, it is possible to effectively draw such a pattern solely consisting of extremely thin lines each having a constant width.

Next, as another embodiment, FIG. 7 exemplifies such an

apparatus which, by way of irradiating laser beams against metallic thin film formed on a glass disc,

executes a process for removing spiral component having several μm of width. In the same way as is shown in the embodiment related to FIG. 6, the system shown in FIG. 7 deforms laser beams 2 into an ellipse via the beam expander 16 and the cylindrical lenses 17 and 18, and then, after forming the elliptic form into rectangle via the variable rectangular slit 4, laser beams are condensed and irradiated onto a metallic thin film 20 formed on a glass disc 21 being the processed object 6 mounted on a rotary table 22 via an object lens 5. It is desired that pulse laser beams be utilized for executing a removal process against the processed object 6. In this case, Q-switch YAG, second harmonic wave of Q-switch YAG, cavity dumping Ar, pulse-laser excited Dye laser, excimer laser, and metal-evaporated laser, are suited for use. Further, in the case of coating the processed object with photo-resist before executing condensation with laser, continuously oscillating Ar laser and third harmonic wave of continuously oscillating YAG laser are suited for use.



The processed object 6 is mounted on the rotary table 22, which is then conveyed by a conveying table 24 at a constant speed while being rotated by a rotation drive unit 23. In this case, it is necessary to accelerate speed of rotation as the laser-irradiating position nears the center while detecting

the conveying amount or decrease repeating round of laser pulse. Further, it is also necessary that the tangential direction of the disc-form processed object 6, axial directions of the cylindrical lenses 17 and 18, and the long-side direction of the variable rectangular slit 4 be coincident with each other. Further, the processed object 6 is rotated within sphere perpendicular to light axis, whereas the center of the rotation is present on the perpendicular bisector of the long-side of the slit 4, and yet, the conveying direction is also present on the perpendicular bisector of the long-side of the slit 4.

In order to form such a pattern having $5\mu\text{m}$ of width by applying laser beam oscillated from the laser oscillator 1 having $1\mu\text{m}\varnothing$ of diameter, if the diameter were expanded five times via the beam expander 16 and then if the diameter were contracted into $1/25$ only in one direction via the cylindrical lenses 17 and 18, it is possible to secure such laser beam having $5\mu\text{m}$ of long diameter and $0.2\mu\text{m}$ of short diameter. By way of forming said beam via the variable rectangular slit 4 and using a 20 times magnification lens as the object lens 5, a processing (beam-exposure) against $200\mu\text{m}$ of the long-side and $5\mu\text{m}$ of the short-side can be done via a single pulse. Accordingly, compared to such a conventional art capable of processing $40\mu\text{m}$ of the long-side and $5\mu\text{m}$ of the short-side, it is possible to secure such a processing (beam-exposure) speed approximately 5 times faster.

Further, in such a case in which spiral processing is executed against one-half portion of the outer side of a disc having $200\mu\text{m}\varnothing$ of diameter, the innermost side has $100\mu\text{m}\varnothing$ of diameter. However, when continuously processing such a rectangle having $200\mu\text{m}$ of the long-side, error is expressed by way of the following:

$$4 = \frac{R}{\cos \left[\tan^{-1} \frac{1}{2R} \right]} - R$$

$$= R \left[\frac{1}{\cos \tan^{-1} \frac{1}{2R}} \right] - 1$$

(R = radius of spiral: and L = long-side of rectangle)

Accordingly, when $R = 50\mu\text{m}$ and $L = 0.2\mu\text{m}$, error is approximately $0.1\mu\text{m}$, and thus, no problem can be raised.

In the above-referred embodiments, in order to secure elliptic beams, the above description has solely referred to the case of combining the beam expander 16 with the cylindrical lenses 17 and 18. However, as shown in FIG. 8, by way of

expanding (or contracting) the beam diameter only in one direction per unit comprising two lenses and by way of contracting (or expanding) the beam diameter only in the right-angled direction of the other unit comprising two lenses via combination of the cylindrical lenses 25, 26, 27, and 28, it is possible to secure such beams formed into an optional ellipse.

Further, as shown in FIG. 9, FIG. 10, and FIG. 11, considering effective diameter of the object lens and power density of condensed laser beams, even when using such a unit combining a concave lens 30 with a cylindrical lens 31 or the one combining a convex lens 32 with a cylindrical lens 33 or the one combining the cylindrical lenses 34 and 35, the same effect as the above case can also be secured.

As is clear from the above description, in the case of forming such a pattern solely being composed of thin straight lines or curve that can be approximated by straight lines, according to the invention, oscillated laser beams can effectively be utilized, and thus, when executing removal process via pulse laser, removable amount (removal speed) per pulse can be increased without varying output of the oscillator, whereby not only providing such an effect of contracting processing time, but even when executing light-exposure of photo-resist, such an effect of contracting light-exposure time without varying output of the oscillator can also be

secured.

4. BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

FIG. 1 is a summarized diagram of a pattern-forming apparatus according to a prior art;

FIG. 2 is a chart designating power distribution of laser beams;

FIG. 3 is a chart for explanatory of effective portion and ineffective portion of beams;

FIG. 4 is a schematic diagram for explanatory of the principle of the invention;

FIG. 5(A), (B), and (C) are respectively charts designating power distribution of beams formed into an ellipse by the invention; wherein FIG. 5(B) and (C) are respectively perspective views taken on lines VB through VB and VC through VC;

FIG. 6(A) and (B) are respectively summarized diagrams designating an embodiment of the pattern-forming apparatus according to the invention, wherein FIG. 6(B) is a perspective view taken on line VB through VB shown in FIG. 6(A);

FIG. 7 is a summarized diagram designating another embodiment of the pattern-forming apparatus according to the invention; and

FIG. 8, FIG. 9, FIG. 10, and FIG. 11 are respectively diagrams for explanatory of still further embodiments for securing an elliptic beam according to the invention.

Explanation of the Reference Numerals:

- 1: Laser oscillator
- 2: Laser beams
- 4: Variable rectangular slit
- 5: Object lens
- 6: Processed object
- 9: X-Y table
- 16: Beam expander
- 17, 18: Cylindrical lens
- 19: Beams formed into an ellipse
- 22: Rotary table
- 23: Rotation drive unit
- 24: Conveying table

Agent: Toshiyuki Usuda, Patent Attorney

FIG. 2, FIG. 5(B), FIG. 5(C) Processing threshold value